

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-012208

(43)Date of publication of application : 13.01.2005

(51)Int. Cl.

H01L 21/66

G01N 1/28

G01N 21/956

G01N 23/225

H01J 37/26

H01J 37/28

H01J 37/317

// G01N 1/00

(21)Application number : 2004-167931

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 07.06.2004

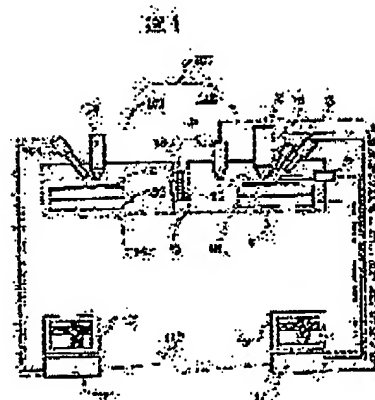
(72)Inventor : UMEMURA KAORU

(54) TESTPIECE ANALYZING METHOD AND EQUIPMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a testpiece analyzing method and its equipment which samples (extracts) only a testpiece strip including a desired specific region from a semiconductor wafer or a device chip and mount it on the testpiece stage of analysis/measuring apparatus without taking a testpiece making-process executed by manual operation which requires experience, skill or time duration.

SOLUTION: The analyzing method comprises the processes of: memorizing the coordinate information of desired location such as that of contamination or defect detected by inspection means on a testpiece substrate; extracting the testpiece strip including a substrate chip at the desired location from the testpiece substrate on the basis of the coordinate information of the desired location by utilizing focused ion beam processing; fixing the testpiece strip extracted by the process at a testpiece holder corresponding to at least one apparatus among those of analysis, observation and



11/9/2005 1:40

JP 3709886 B2 2005.10.26

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第3709886号

(P3709886)

(45) 発行日 平成17年10月26日(2005.10.26)

(24) 登録日 平成17年8月18日(2005.8.18)

(51) Int. Cl.⁷

F1

H01L 21/86

H01L 21/86

N

G01N 1/28

G01N 21/858

A

G01N 21/858

G01N 23/225

G01N 23/225

H01J 37/26

H01J 37/26

H01J 37/26

B

請求項の数 30 (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出版番号 特願2004-167931 (P2004-167931)

(22) 出版日 平成16年6月7日(2004.6.7)

(62) 分割の表示 特願平9-268363の分割

原出版日 平成9年10月1日(1997.10.1)

(65) 公開番号 特開2005-12208 (P2005-12208A)

(43) 公開日 平成17年1月13日(2005.1.13)

審査請求日 平成16年9月29日(2004.9.29)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

(74) 代理人 100075056

弁理士 作田 康夫

(72) 発明者 梅村 馨

東京都国分寺市東郷ヶ丘一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

審査官 本郷 徹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 試料解析方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

試料基板を載置する試料ステージと、

該試料ステージが設置される真空試料室と、

該真空試料室内に設けられ、前記試料基板から抽出された試料片を載せる試料ホルダと

前記試料片を前記試料ホルダに載せるための移送手段と、

前記試料基板に対してイオンビームを照射する照射光学系とを有し、

前記試料ホルダへ前記試料片を移し変える作業及び前記試料片を前記移送手段から分離

する作業が前記真空試料室内で実行可能であることを特徴とする試料作製装置。

10

【請求項2】

請求項1に記載の試料作製装置において、

前記移送手段は、プローブと、該プローブを微動させる微動部と、粗動部と、該粗動部を駆動する駆動系とを備え、

当該駆動系が前記真空試料室の外部に設けられたことを特徴とする試料作製装置。

【請求項3】

請求項1に記載の試料作製装置において、

前記移送手段は、プローブを動作させる駆動系を備え、

該駆動系が、前記真空試料室に対して大気側に設けられたことを特徴とする試料作製装置。

20

JP 3709886 B2 2005.10.26

(2)

【請求項 4】

請求項 3 に記載の試料作製装置において、
前記駆動系はモータを備えることを特徴とする試料作製装置。

【請求項 5】

請求項 3 に記載の試料作製装置において、
前記真空試料室は、前記移送手段を設置するためのポートを備えることを特徴とする試料作製装置。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の試料作製装置において、
前記試料ホルダ上に固定された試料片にイオンビームを照射し、透過電子顕微鏡観察用の試料片を作成することを特徴とする試料作製装置。 10

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の試料作製装置において、
前記試料片を前記試料ホルダへ移動するに際して、当該試料ホルダが前記イオンビームの照射領域へ移動されることを特徴とする試料作製装置。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の試料作製装置において、
前記試料ホルダは、透過電子顕微鏡観察用の試料片を載置するためのホルダであること
を特徴とする試料作製装置。 20

【請求項 9】

試料基板を載置できる試料ステージと、
該試料ステージが設置される試料室と、
該試料室内に設けられ、前記試料基板から抽出された試料片を固定できる試料ホルダと
該試料片を試料ホルダに移し変える移送手段と、
前記試料基板または前記試料ホルダに固定された試料片とに対してイオンビームを照射
できる照射光学系とを有し、
前記試料ホルダへ試料片を載せる作業が真空状態である前記試料室内にて実行可能であ
り、 30

前記試料ホルダに固定され、前記試料室内にて前記移送手段から分離された試料片にイ
オンビームを照射して、透過電子顕微鏡観察用の試料片を作成できることを特徴とする
試料作製装置。

【請求項 10】

試料基板を載置できる試料ステージと、
該試料ステージが設置される試料室と、
該試料室内に設けられ、前記試料基板から抽出された試料片を固定できる試料ホルダと
該試料片を試料ホルダに移し変える移送手段と、
前記試料基板または前記試料ホルダに固定された試料片とに対してイオンビームを照射
できる照射光学系とを有し、 40

前記試料ホルダへ試料片を載せる作業が真空状態である前記試料室内にて実行でき、
前記試料ホルダに固定され、前記試料室内にて前記移送手段から分離された試料片にイ
オンビームを照射して、試料片を薄片化できることを特徴とする試料作製装置。

【請求項 11】

試料基板を載置できる試料ステージと、
該試料ステージが設置される試料室と、
該試料室内に設けられ、前記試料基板から抽出された試料片を固定できる試料ホルダと

該試料片を試料ホルダに移し変える移送手段と、
前記試料基板または前記試料ホルダに固定された試料片とに対してイオンビームを照射 50

(3)

JP 3709886 B2 2005.10.26

できる照射光学系とを有し、
前記試料ホルダへ試料片を載せる作業が真空状態である前記試料室内にて実行でき、
前記試料ホルダに固定され、前記試料室内にて前記移送手段から分離された試料片にイオンビームを照射して、試料片にウォール加工できることを特徴とする試料作製装置。

【請求項12】

試料基板を載置できる試料ステージと、
該試料ステージが設置される真空試料室と、
該試料室内に設けられ、前記試料基板から抽出された試料片を固定できる試料ホルダと

該試料片を試料ホルダに移し変える移送手段と、
前記試料基板または前記試料ホルダに固定された試料片とに対してイオンビームを照射できる照射光学系とを有し、
前記試料ホルダへ試料片を載せる作業が前記真空試料室内にて実行可能であり、
前記試料ホルダに固定され、前記真空試料室内にて前記移送手段から分離された試料片にイオンビームを照射して、透過電子顕微鏡観察用の試料片を作成でき、
試料基板から、透過電子顕微鏡観察用の試料片を作成する作業を、前記真空試料室内にて実施できることを特徴とする試料作製装置。

【請求項13】

試料基板を載置できる試料ステージと、
試料片を固定できるTEM試料ホルダと、
試料ステージとTEM試料ホルダとが設置される試料室と、
試料ステージに載置された試料基板または前記TEM試料ホルダに固定された試料片に対してイオンビームを照射できる照射光学系と、
試料基板の所望領域から試料片を抽出し、抽出された試料片を前記TEM試料ホルダに移送できる試料片抽出手段とを有し、
抽出された試料片を、前記TEM試料ホルダへ試料片を移動する作業が真空状態である前記試料室内にて実行でき、
前記TEM試料ホルダに固定され、前記試料室内にて前記試料片抽出手段から分離された試料片にイオンビームを照射して、TEM試料を作成できることを特徴とする試料作製装置。

【請求項14】

試料基板を載置できる試料ステージと、
試料片を固定できるTEM試料ホルダと、
試料ステージとTEM試料ホルダとが設置される試料室と、
試料ステージに載置された試料基板または前記TEM試料ホルダに固定された試料片に対してイオンビームを照射できる照射光学系と、
試料基板の所望領域から試料片を抽出し、抽出された試料片を前記TEM試料ホルダに移送できる試料片抽出手段とを有し、
抽出された試料片を、TEM試料ホルダに移動する作業が真空状態である前記試料室内にて実行でき、
前記TEM試料ホルダに固定され、前記試料室内にて前記試料片抽出手段から分離された試料片にイオンビームを照射して、試料片を薄く仕上げ加工できることを特徴とする試料作製装置。

【請求項15】

試料基板を載置できる試料ステージと、
試料片を固定できるTEM試料ホルダと、
試料ステージとTEM試料ホルダとが設置される試料室と、
試料ステージに載置された試料基板または前記TEM試料ホルダに固定された試料片に対してイオンビームを照射できる照射光学系と、
試料基板の所望領域から試料片を抽出し、抽出された試料片をTEM試料ホルダに移送

(4)

JP 3709886 B2 2005.10.26

できる試料片摘出手段とを有し、

摘出された試料片を、TEM試料ホルダに移動する作業が真空状態である前記試料室内で実行でき、

前記TEM試料ホルダに固定され、前記試料室内にて前記試料片摘出手段から分離された試料片にイオンビームを照射して、試料片にウォール加工できることを特徴とする試料作製装置。

【請求項16】

試料基板を載置できる試料ステージと、

試料片を固定できるTEM試料ホルダと、

試料ステージとTEM試料ホルダとが設置される真空試料室と、

試料ステージに載置された試料基板または前記TEM試料ホルダに固定された試料片に対してイオンビームを照射できる照射光学系と、

試料基板の所望領域から試料片を摘出し、摘出された試料片をTEM試料ホルダに移送できる試料片摘出手段とを有し、

摘出された試料片を、試料ホルダに移動する作業が真空試料室内で実行でき、

前記TEM試料ホルダに固定され、前記真空試料室内にて前記試料片摘出手段から分離された試料片にイオンビームを照射して、TEM試料を作成でき、

試料基板からTEM試料を作成する作業を、真空を壊さずに実施できることを特徴とする試料作製装置。

【請求項17】

試料基板を載置できる試料ステージと、

試料片を固定でき、固定された試料片へのTEM観察用電子線照射を阻害しない形状のTEM用試料ホルダと、

イオンビームの照射により試料基板から分離された試料片を、TEM用試料ホルダに移動するプローブと、

試料ステージに載置された試料基板にイオンビームを照射し、TEM用試料ホルダに固定され、真空状態で前記プローブから分離された試料片にイオンビームを照射する照射光学系と、

試料ステージ、TEM用試料ホルダ、及びプローブを、真空状態である内部に設置する試料室とを有する試料作製装置。

【請求項18】

試料基板を載置できる試料ステージと、

試料片を固定でき、固定された試料片へのTEM観察用電子線照射を阻害しない形状のTEM用試料ホルダと、

イオンビームの照射により試料基板から分離された試料片を、TEM用試料ホルダに移動するプローブと、

試料ステージに載置された試料基板にイオンビームを照射し、TEM用試料ホルダに固定され、真空状態で前記プローブから分離された試料片にイオンビームを照射する照射光学系と、

前記試料ステージ、TEM用試料ホルダ、及びプローブを、真空状態である内部に設置する真空試料室とを有する試料作製装置。

【請求項19】

請求項9、10、11及び12のいずれか1項に記載の試料作製装置において、

前記移送手段が、試料基板から分離された試料片を接続可能かつ当該試料片を前記試料ホルダに移動できるプローブと、当該プローブを動作させる駆動系とを含む試料作製装置

【請求項20】

請求項13、14、15及び16のいずれか1項に記載の試料作製装置において、

前記試料片摘出手段が、試料基板から分離された試料片を接続可能かつ当該試料片を前記TEM試料ホルダに移動できるプローブと、当該プローブを動作させる駆動系とを含む

(5)

JP 3709886 B2 2005.10.26

試料作製装置。

【請求項 21】

請求項 1 から 20 のいずれか 1 項に記載の試料作製装置において、
前記試料基板が、半導体ウェハである試料作製装置

【請求項 22】

請求項 1 から 20 のいずれか 1 項に記載の試料作製装置において、
前記試料基板が、半導体チップである試料作製装置

【請求項 23】

請求項 1 から 20 のいずれか 1 項に記載の試料作製装置において、
前記試料基板が、デバイスチップである試料作製装置

10

【請求項 24】

請求項 9、10、11 及び 12 のいずれか 1 項に記載の試料作製装置において、
前記試料ホルダを複数備えたことを特徴とする試料作製装置。

【請求項 25】

請求項 13、14、15 及び 16 のいずれか 1 項に記載の試料作製装置において、
前記 TEM 試料ホルダを複数備えたことを特徴とする試料作製装置。

【請求項 26】

請求項 17 または 18 に記載の試料作製装置において、
前記 TEM 用試料ホルダを複数備えたことを特徴とする試料作製装置。

20

【請求項 27】

請求項 1、9、10、11 及び 12 のいずれか 1 項に記載の試料作製装置において、
前記試料ホルダ上に複数の試料片を載せることが可能であることを特徴とする試料作製
装置。

【請求項 28】

請求項 13、14、15 及び 16 のいずれか 1 項に記載の試料作製装置において、
前記 TEM 試料ホルダ上に複数の試料片を載せることが可能であることを特徴とする試
料作製装置。

【請求項 29】

請求項 17 または 18 に記載の試料作製装置において、
前記 TEM 用試料ホルダ上に複数の試料片を載せることが可能であることを特徴とする
試料作製装置。

30

【請求項 30】

請求項 1 から 29 のいずれかに記載の試料作製装置において、
前記試料片は、電子顕微鏡観察のための所望箇所を含むことを特徴とする試料作製装置

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体ウェハを検査して微小異物や欠陥など所望箇所を検出し、その所望箇
所を含む試料片を集束イオンビームと移送手段を用いて摘出して、上記試験片を観察や分
析、計測装置に対応した形状に加工して観察や分析、計測装置に送る試料解析方法および
試料解析装置に係る。

40

【背景技術】

【0002】

半導体素子製造では良品をよどみなく生産し続けることが求められる。生産個数が大量
であるため、ある工程での不良発生が製品歩留りの低下や生産ラインの停止につながり、
採算に大きく影響する。このため半導体素子の製造現場では、特定のプロセス後やデバイ
ス完成後には入念な検査が行なわれ不良品の撲滅と原因追及に注力している。実際には製
造工程で、定期的または定量数ごとにウェハやデバイスを抜き取り、不良箇所の有無を検
査している。ウェハの場合、検査箇所と検査項目を予め決めておき各ウェハに対して常に

50

(6)

JP 3709886 B2 2005.10.26

その検査箇所をモニタして製造プロセスの異常を検出する方法や、完成後のウエハ全面を隈無く検査して、回路パターンの欠陥や異物など異常箇所があればそのデバイスを廃棄したり、異常原因を追及して対策する方法が行なわれる。

【0003】

検査方法の一例として、ウエハ全面もしくは一部の領域の外観について異物の付着や形成された回路パターンの欠陥などを検出する検査方法があり、光や電子線を用いたウエハ外観検査装置（以下、ウエハ検査装置と略記）やウエハ検査電子顕微鏡（以下、検査SEMと略記）や、回路の断線や短絡など電気的不良を検出するプローバ装置などがある。

【0004】

さらに詳細な試料外観観察には高分解能の走査型電子顕微鏡（以下、SEMと略記）が用いるが、半導体の高集積化に伴い、対象物がSEMの分解能では観察できないほど極微細なものについても解析することが必要となっている。この場合、SEMに代って観察分解能が高い透過型電子顕微鏡（以下、TEMと略記）が有力な装置となっている。

【0005】

ここでTEM用の試料作製方法について説明する。図2は従来のTEM試料の作製方法のうちの一方法を説明する図である。図2(a)はLSIを形成した半導体ウエハ（以下、略してウエハ30という）で、上層部31と基板部32とからなる。このウエハ30のうちの特定領域についてTEM試料を作製するとする。まず、観察したい領域に目印を付け、観察領域を破壊しないようにウエハ30にダイヤモンドペンなどで傷付け劈開するか、ダイシングソーで例えば切断線33に沿って分断する。図2(b)のような切り出した短冊状ベレット34を2枚、作製するTEM試料の中央部が観察領域となるようにするため、観察領域同士34を2枚、作製するTEM試料の中央部が観察領域となるようにするため、観察領域同士34を2枚、作製するTEM試料の中央部が観察領域となるようにするため、観察領域同士34を2枚、作製するTEM試料の中央部が観察領域となるようにするため、観察領域同士34を2枚、作製するTEM試料の中央部が観察領域となるようにするため、観察領域同士34を2枚、作製するTEM試料の中央部が観察領域となるようにするため、観察領域同士34を2枚、作製するTEM試料の中央部が観察領域となるようにするため、観察領域同士34を2枚、作製するTEM試料の中央部が観察領域となるようにするため、観察領域同士34を2枚、作製するTEM試料の中央部が観察領域となるようにするため、観察領域同士34を2枚、作製するTEM試料の中央部が観察領域となるようにするため、観察領域同士34を2枚、作製するTEM試料の中央部が観察領域となるようにするため、観察領域同士34を2枚、作製するTEM試料の中央部が観察領域となるようにするため、観察領域同士34を2枚、作製するTEM試料の中央部が観察領域となるようにするため、観察領域同士34を2枚、作製するTEM試料の中央部が観察領域となるようにするため、観察領域同士34を2枚、作製するTEM試料の中央部が観察領域となるようにため

こうして、100nm程度以下に薄くなった薄片部42をTEM観察領域（図中円内）としていた。このような方法であるため、観察したい箇所がミクロンレベルで特定されている場合、位置出しは非常に難しい。

【0006】

また、TEM試料作製に関する別の従来手法として集束イオンビーム（以下、FIBと略す）加工を利用する例がある。図3で説明する。まず、観察すべき領域の近傍を、図3(a)に示すようにウエハ30をダイシングを行って（符号33が切断線である。）短冊状ベレット34を切り出す（図3(b)）。このベレットの大きさは、おおよそ $3 \times 0.05 \times 0.5$ mm（ウエハの厚み）である。この短冊状ベレット34をやや半円形した薄い金属片からなるTEM試料ホルダ37に固定する（図3(c)）。この短冊状ベレット34の中の観察領域を、厚さ0.1ミクロン程度の薄片部（以下、ウォール部という）48を残すようにFIB24を照射し（図3(d)）、薄壁部を形成する（以下、ウォール加工と言う。図3(e)）。これをTEM試料41として、TEMホルダをTEMステージに搭載し、TEM装置に導入してウォール部48を観察する。この方法によって、観察部をミクロンレベルで位置出しすることが可能になった。また、この手法に関しては、例えば、E.C.G.Kirkらが、論文集 Microscopy of Semiconducting Materials 1989, Institute of Physics Series No.100., p.501-506（公知例1）において説明している。

【0007】

このように、TEMは高分解能観察が期待できるが、試料作製に多大の努力を要するという面を持ち合わせている。

【0008】

(7)

JP 3709886 B2 2005.10.26

【非特許文献1】 Microscopy of Semiconducting Materials 1989, Institute of Physics Series No.100., p.501-506

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

上述のように、従来の試料解析方法や試料作製方法には以下のような問題点があった。

(1) 座標の問題：ウエハ全面もしくは一部の検査によって発見した異物や欠陥などの不良箇所を解析する際、ウエハ検査装置や検査SEMなどの検査装置内で不良箇所の座標が明らかになくても、実際に分析装置や観察装置、計測装置（以下、略して分析装置と代表させる）に入るような寸法に分断して分析試料片に加工しなければならず、先の不良箇所の正確な位置がわからなくなり、所望の解析ができないという問題が生じる。

(2) 試料作製の問題：ウエハ検査装置や検査SEMによるウエハ全面もしくは一部の検査の結果、ある位置に不良箇所を検出しても、ウエハから解析試料片を作製する時に、解析の目的とする微小異物が無くなったたり変質したり、又は、別の損傷を引き起こし重畳して本来の目的とする不良箇所の原因究明ができなくなることがある。これは従来の試料作製方法が試料の切断や研磨、へき開など機械的や化学的な手法に依っていたため、当初の不良箇所をそのまゝ状態で分析装置に導入して的確な解析結果を得る歩留りは高いものではなかった。また、このような的確な解析が長時間に及ぶために最終的な製品に不良品が継続して多大の損害をもたらす場合すらある。

(3) ウエハ破損の問題：製造途中のある工程での仕上りを監視するするために、ウエハの特定部のみの継続的な検査においては、定期的に定数数毎に、たった数点の検査箇所に対してウエハを分断して、検査箇所以外はすべて廃棄している。最近ではウエハ径が200mmとなり、さらに300mm、またそれ以上に大口径化する傾向にあるため、付加価値が高いデバイスが数多く搭載されたウエハを数箇所の検査のために切断や劈開で分離して、廃棄処分することは非常に不経済であった。

【0010】

ここで、上記問題点(1)から(3)のいずれにも関係する例としてTEM試料を例に説明する。TEMは上述のように高分解能を有しているため、微小部分の解析には有力なツールであるが、不良領域の特定から解析結果が出るまでに非常に長い時間を要するため、観察したいときに即座に結果の見えるSEMのようには普及していない。解析結果までに長時間を要する原因の一つは、TEM観察以前の試料作製過程にある。TEM観察領域は厚さを100nm程度にまで薄片化しなければならないため、従来方法では研磨や機械加工など試料作製者の熟練を要する手作業が伴っている。しかも、観察領域がミクロンレベルで特定されると試料作製は極めて困難になる。また、事前に顕微鏡に依ってミクロンオーダーで特定していた不良領域の位置を試料作製中に見失ったり、間違ってしまうことが多々ある。また、ウエハから所望の試料片を作製するには、ウエハ劈開や切断など機械的加工によっているため試料への新たな損傷が発生し、本来の不良領域との区別がつかなくなる場合がある。さらに、TEMの試料室は非常に小さく、試料片をミリオーダーの大きさに細分化しなければならず、ウエハは必ず分断せざるを得ない。一旦、分析や観察を行った後に、さらに隣接した箇所を別の分析や観察の必要が出た場合には、先の試料作製の分断のために後の分析領域が破壊や損傷を受けていたり、正確な位置関係が分からなくなって継続した分析や観察情報が得られないという問題が発生する。

【0011】

このような従来技術に対して、各種検査方法によって得られた不良箇所に対して、ウエハ形状を維持したまま、ウエハ上の所望の箇所のみを機械的や化学的な損傷を重畳することなく、各種分析装置に導入できる試料片に加工して解析できる試料解析方法ならびに試料解析装置が望まれていた。

【0012】

上述の諸課題に鑑み、本発明の第1の目的は、ウエハ全面または一部の検査で検出した異物や欠陥など所望箇所を、ウエハを切断分離せず正確に位置出して、各種分析に適用

(8)

JP 3709886 B2 2005.10.26

た試料片に加工して各種分析装置で上記所望領域を解析できる試料解析方法を提供することにある。また、第2の目的は、上記第1目的を実現する試料解析装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記第1の目的を達成するためには、

目的とする試料片を観察、分析、計測のうちの少なくともいずれかによって調べる試料解析方法であって、試料基板を検査手段によって検出した異物や欠陥など所望箇所の座標情報を記憶する工程と、上記所望箇所の座標情報を基にして上記試料基板から上記所望箇所を含む試料片を集束イオンビームによる加工を利用して摘出して、上記摘出した上記試料片を分析装置または観察装置または計測装置のうちの少なくともいずれかに対応する試料ホルダに固定し、上記試料ホルダに固定した上記試料片を分析または観察または計測のうちの少なくともいずれかに適する形状に加工する工程と、上記試料片を固定した上記試料ホルダを分析装置または観察装置または計測装置のうちの少なくともいずれかに導入して上記所望箇所の解析を行なう工程とからなる試料解析方法を用いて、

特に、上記検査手段が光学式ウェハ検査装置、ウェハ検査用走査電子顕微鏡、レーザ走査顕微鏡、光学式顕微鏡のうちの少なくともいずれかを用いる。

【0014】

また、上記試料片を集束イオンビームによる加工を利用して摘出する工程の前に、光学顕微鏡による位置合わせ工程をとることもよい。

【0015】

さらに、上記試料解析方法において、特に、上記試料片を集束イオンビームによる加工を利用して摘出する工程の前に、上記集束イオンビームによって上記所望箇所近傍に上記所望箇所が確認できる目印を付す工程をとることもよいことである。

【0016】

また、上記試料解析方法において、上記試料ホルダに固定した上記試料片に対してさらに集束イオンビーム照射による薄壁加工を施して透過型電子顕微鏡観察用の試料に仕上げる工程を含むことで、透過型電子顕微鏡観察までに要する時間が大幅に短縮できる。

【0017】

また、上記第2の目的は、

ウェハを検査して異物や欠陥など所望箇所の座標情報を記憶するウェハ検査部と、上記所望箇所の座標情報を基にして上記試料基板に対して集束イオンビームを利用して上記所望箇所を含む試料片を摘出して分析または観察または計測のうちの少なくともいずれかに適する試料ホルダに固定して加工する試料作製部とから構成され、上記ウェハ検査部と試料作製部とは上記ウェハを移動するための真空搬送路によって連結した構造とする。または、

ウェハを検査して異物や欠陥など所望箇所の座標情報を記憶するウェハ検査部と、上記所望箇所の座標情報を基にして上記試料基板に対して集束イオンビームを利用して上記所望箇所を含む試料片を摘出して分析装置または観察装置または計測装置のうちの少なくともいずれかに適する試料ホルダに固定して、分析装置または観察装置または計測装置のうちの少なくともいずれかに適する形状の試料片に加工する試料作製部と、上記試料片の解析を行なう分析装置または観察装置または計測装置のうちの少なくともいずれかの解析部とを少なくとも有し、上記ウェハ検査部と試料作製部、解析部とは上記ウェハを移動するための真空搬送路によって連結した構造とする。または、

ウェハを検査して異物や欠陥など所望箇所の座標情報を記憶するウェハ検査部と、上記所望箇所の座標情報を基にして上記試料基板に対して集束イオンビームを利用して上記所望箇所を含む試料片を摘出して分析装置または観察装置または計測装置のうちの少なくともいずれかに適する試料ホルダに固定して、分析装置または観察装置または計測装置のうちの少なくともいずれかに適する形状の試料片に加工する試料作製部と、上記試料片の解析を行なう分析装置または観察装置または計測装置のうちの少なくともいずれかの解析部

(9)

JP 3709886 B2 2005.10.26

とが機械的に独立して構成され、少なくとも上記ウエハ検査部での上記所望箇所の座標情報を上記試料作製部と上記解析部に伝達する情報伝達手段によって連結した構造とする試験装置でもよい。また、この構造においては、さらに、ウエハ検査部と試料作製部と解析部の間は、ウエハおよび試料ホルダもしくは試料ホルダを搭載した治具を真空容器によって搬送する構造としてもよい。

【0018】

上記試料解析装置もしくは試料解析システムにおいて、特に、検査装置が光学式ウエハ検査装置、ウエハ検査用走査電子顕微鏡、レーザ走査顕微鏡、光学式顕微鏡のうちのいずれかにすること、もしくは、解析部における観察装置が特に、インレンズ型走査型電子顕微鏡、透過型電子顕微鏡のうちのいずれかとするこ

10

【0019】

このような試料作製装置を用いることで上記目的は達成される。

【発明の効果】

【0020】

本発明による試料解析方法および装置を用いることで、所望の箇所をマークしたその場で、ウエハを細分化することなく、また、ウエハから人の手作業を介することなくTEM観察始めその他の分析、計測、観察のための試料を作製することでき、解析結果を得るまでの時間を短縮させることができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

本発明による試料作製装置の実施形態は、ウエハを検査して異物や欠陥など所望箇所の座標情報を記憶するウエハ検査部と、上記所望箇所の座標情報を基にして試料基板に対して集束イオンビームを利用して上記所望箇所を含む試料片を抽出して、分析装置または観察装置または計測装置のうちの少なくともいずれかに送る試料ホルダに固定して、これら装置に対応する形状に加工する試料作製部とから構成され、上記ウエハ検査部と試料作製部とは上記ウエハを移動するための真空搬送路によって連結した構成とする。

【0022】

以下に、その具体的実施形態例を示す。

30

【0023】

<実施形態例1>

図1は、本発明による試料解析方法を実現するための試料解析装置の一実施例を示す概略構成図である。

試料解析装置100は、ウエハ検査部101と試料作製部102が機械的に連結されている。ウエハ検査部101はウエハ外観検査装置や検査SEM、プローバ装置に該当する。ウエハ検査部101によって不良箇所を検出して解析の必要がある場合、ウエハ検査部101と試料作製部102の間に設置したバルブ106を開いて、ウエハ12を試料作製部102へ搬送できる。試料作製部102で加工作製された試料片は別にあるTEM、SEMなど観察装置や分析装置や計測装置などに搬入して不良箇所を解析する。逆に、ウエハ検査の結果、異常がない場合にはウエハ12は試料作製部102に送る必要はなく、次の製造工程の装置に搬送する。

40

【0024】

ウエハ検査部101の例として、ここでは検査SEMの場合を示しており、電子ビーム照射光学系103、二次電子検出器104、試料室107内でウエハ12を搬送して移動可動な試料ステージ105などから構成している。二次電子検出器104に流入する二次電子信号と電子ビーム照射光学系103のビーム偏向を同期させてウエハ表面形状を表示手段13'に表示でき、ウエハ検査部101全体を制御を計算処理装置17'によって行なう。ウエハ検査にはウエハ上に形成された複数のデバイスを比較する方法や、デバイスの中のセル同士を比較する方法などがあるが、ここでは限定しない。このようなウエハ検査部100で検出された所望箇所の座標情報を一旦、計算処理装置17'に記憶し、情報

50

(10)

JP 3709886 B2 2005.10.26

伝送手段 110 によって試料作製部 102 の計算処理部 17 に伝達できる。また検査中のウエハ外観や座標情報は表示手段 13' に表示できる。

【0025】

試料作製部 102 は、試料基板 12 や抽出試料の加工や観察をする FIB 照射光学系 2、この FIB 照射によって試料から放出する二次電子や二次イオンを検出する二次粒子検出器 3、FIB 照射領域にデポジション膜を形成するための元材料ガスを供給するデボガス源 4、FIB 照射領域にデポジション膜を形成するための試料基板 12 を載置する試料ステージ 5、抽出試料、半導体ウエハや半導体チップなどの試料基板 12 を観察するための光学顕微鏡 9、これを試料ホルダに移し変える移送手段 8、試料基板 12 を観察するための光学顕微鏡 9、この光学顕微鏡 26 による像や二次粒子検出器 3 による像を映す表示手段 13、試料作製部 102 全体を制御する計算処理装置 17、試料ステージ 5 を設置する試料室 18 などとを少なくとも備えた構成である。さらに詳細を図 4 を用いて説明する。

【0026】

図 4 は、図 1 で示した構成部品に加えて、試料基板 12 の一部を抽出した微小な抽出試料を固定する試料ホルダ 6、試料ホルダを保持する保持手段 7（以下、ホルダカセットともいう）、試料ステージ 5 の位置を制御するためのステージ制御装置 10、移送手段 8 を試料ステージ 5 と独立に駆動するための移送手段制御装置 11、試料ホルダ 6 や試料基板 12 や移送手段 8 などイオンビーム照射によって発生する二次電子または二次イオンによって映像化する画像表示手段 13、FIB 照射光学系 2 の FIB 制御装置 14 などとも構成され、この他、デボガス源制御装置 15、二次粒子検出制御装置 16、画像表示手段 13、移送手段制御装置 11 などは計算処理装置 17 により制御される。

【0027】

FIB 照射光学系 2 は、液体金属イオン源 20 から放出したイオンをビーム制限アパチャ 21、集束レンズ 22、対物レンズ 23 を通すことで 10nm 程度から 1 ミクロン程度までの FIB 24 を形成する。FIB 24 を偏向器 25 を用いて試料基板 12 上を走査することで、走査形状に試料基板 12 にミクロンからサブミクロンレベルの加工ができる。ここでの加工とは、スパッタリングによる凹部や、FIB アシストデポジションによる凸部、もしくは、これらを組み合わせて試料基板の形状を換える操作を指す。FIB 照射によって形成するデポジション膜は、移送手段 8 の先端にある接触部と試料基板 12 を接続したり、抽出試料を試料ホルダに固定するために使用する。また、FIB 照射時に発生する二次電子や二次イオンを二次粒子検出器 3 で検出して画像化することで加工領域などを観察することができ

【0028】

試料ステージ 5 は試料室 18 に設置され、FIB 照射光学系 2 など真空容器内に配置されている。試料ステージ 5 は、試料ホルダ 6 を搭載した保持手段（試料ホルダカセット）7 が着脱でき、ステージ制御装置 10 によって、3 次元（X, Y, Z）方向の移動及び傾斜、回転が制御される。試料基板 12 は必要に応じて試料基板搬送路 19 を用いて出入りする。

【0029】

試料ホルダ 6 は図 5 に示すような凸型断面をした短冊状シリコン片 27 である。この短冊状シリコン片 27 は、シリコンウエハからへき開やダイシングソーを利用して形成した。本実施例で用いた試料ホルダの大きさは長さ 2.5mm、上部幅 50 ミクロン、下部幅 200 ミクロン、高さ 0.5mm（シリコンウエハ厚）で、抽出試料の固定面をシリコンウエハ面または電鍍面とすることで、抽出試料 70 を固定面に固着して TEM 観察しても固定面の凹凸が電子線照射を阻害することはない。また、試料ホルダ形状はここに示した寸法に限ることがないが、固定面をウエハ面もしくはへき開面にするのと幅をできる限り薄くすることが、TEM 観察しやすくするために必要である。図 5 は抽出試料 70 を一個の試料ホルダ 6 に 3 個搭載した例である。一方、従来の TEM 用の試料ホルダは図 6 (a) の単孔型や (b) のメッシュ型であり、単孔型は中央に直径 1 mm 程度の単孔 75 が設けられた直径 3 mm 程度の薄厚金属円板 76 であるが、本発明による試料作製方法で得られる抽出試料 70 のように 10 ~ 20 ミクロンと小さいと、抽出試料 70 を単孔 75 の側壁に正確に取付けることが

(11)

JP 3709886 B2 2005.10.26

非常に難しい。また、メッシュ型では薄肉金属円板 76 にはメッシュ 77 が貼られていて試料の大きさに合わせた間隔のメッシュ 77 を用いれば取付け位置はある程度任意に選ぶことができるが、観察したい領域が電子線経路がメッシュ 77 の陰になり TEM 観察できなくなる危険性が非常に高かった。

【0030】

ホルダカセット（保持手段）7 は試料ホルダ 6 を支える治具であり、試料ステージ 5 に搭載する。試料ステージ 5 は、ウエハも載置できる汎用の大型ステージや、デバイスチップが搭載できる程度の小型ステージを指す。1 個のホルダカセット 7 に搭載する試料ホルダ 6 の数は 1 個でも複数個でも良い。また、試料ステージ 5 に設置できるホルダカセット 7 の数は 1 個でも複数個でも良い。

【0031】

光学顕微鏡 9 には従来の光学式顕微鏡より高分解能が期待できるレーザ走査顕微鏡を用いた。レーザ走査顕微鏡は発振器 28 を出たレーザ光を対物レンズによって集束して試料に照射して、微小レーザスポットで励起された焦点からの蛍光は、ダイクロイックミラーを通過して、試料の焦点と共焦点の位置に設置したアパチャを通過して CCD 29 に届いて試料の焦点からの蛍光のみによって像が形成される。視野を一緒に励起する方法と比較して迷光は極めて少なく、焦点以外のからの蛍光が仮に発生しても、上記アパチャに妨げられて CCD 29 には到達せずクリアな像が得られる。試料基板 12 とダイクロイックミラーの間に 2 枚のミラーを設置して、X, Y 方向に走査することで、試料表面像を得ることができ表示手段 18 に表示する。この光学顕微鏡 9 は、試料基板 12 に予め設置していたマーク

（図示せず）座標と、検査部 101 で得られた座標情報とを利用する。

なお、集束イオンビーム装置にレーザ顕微鏡を備えた装置については、特開平 9-134699 号公報『集束イオンビーム装置』（公知例 9）に示されているが、試料基板 12 の特定領域部分を抽出する移送手段 8 の存在については一切記載されていない。

【0032】

移送手段 8 は試料基板が大口径のウエハであっても、その任意の箇所から素早くサンプリングすることを完現するために、移動速度が早くストロークが大きい粗動部 60 と、粗動部の移動分解能と同等のストロークを有して高い移動分解能の微動部 61 とで構成し、移送手段全体を試料ステージと独立して設置して、サンプリング位置の大きな移動は試料ステージ移動に分担させた。粗動部の XYZ 方向の駆動はモータやギヤ、圧電素子などで構成して、数 mm 程度のストロークで、数ミクロンの移動分解能を有している。微動部はできるだけコンパクトであることや、精密移動することが要求されるためバイモルフ圧電素子を用いてサブミクロンの移動分解能が得ている。図 7 は移送手段 8 の粗動部 60 と微動部 61 の構成例である。粗動部 60 は狭受部 62 を支点として支柱 63 が 3 個のエンコーダ 64 X、64 Z、64 Y（図示せず）によって XYZ 軸方向に移動できる。粗動部 60 の駆動系は試料室壁 66 の横ポートを介して大気側にあり、真空はベローズ 65 によって導断されている。バイモルフ圧電素子 67 の先端には直径 50 ミクロン程度の細く先鋭化したタンゲステン製のプローブ 68 を連結し、粗動部 60 とは延長棒 69 によって連結した。バイモルフ圧電素子 67 に電圧を与えることで、プローブ 68 先端は微動する。このように移送手段 8 には、構成、サイズ、設置位置を充分に考慮しなければ、本発明による試料作製装置ではこれらすべてを解決している。

【0033】

この移送手段 8 に類似した従来技術として特開平 5-52721 号公報『試料の分離方法及びこの分離方法で得た分離試料の分析方法』（公知例 2）がある。この従来技術によれば、分離試料を搬送する搬送手段はバイモルフ圧電素子 9 個を XYZ 軸に対応して構成しているが、その搬送手段の設置位置は不明で、唯一上記公報の図 8 から対応して構成されていると読み取れる。このように、搬送手段が試料ステージに設置されていると、対象試料が例えば直径 300 mm のウエハの中心部にある場合では、搬送手段の移動ストロークが、搬送手段位置から試料の所望箇所までの距離に比べて遙かに小いため、試料ステージに設置された搬送手段では届かないという致命的問題点を有する

(12)

JP 3709886 B2 2005.10.26

ことになる。さらに、この3軸がバイモルフ圧電素子の構成では、バイモルフ圧電素子は一端を支点にして他端がたわむ動きをするため、他端は印加電圧に従って円弧を描く。つまり、XY平面内の移動では1個のバイモルフ圧電素子の動作のみでは搬送手段先端のプロープが1軸方向に直線的に動作しない。従って、3個のバイモルフ圧電素子で微動部を構成してプロープ先端を所望の位置に移動させるためには3個のバイモルフ圧電素子を非常に複雑に制御しなければならないという特性を有している。

【0034】

<実施形態例2>

上記実施形態例1では、ウエハ検査部101と試料作製部102を機械的に結合させ、試料基板12であるウエハを両装置間で搬送させる例を説明した。本実施形態例2は図8のようにウエハ検査部101と試料作製部102が機械的に独立していて、不良箇所の座標情報が両者の計算処理装置17、17'を往來する例である。試料基板であるウエハ12は小型で真空状態にできる搬送用容器107に封入して運搬する。ウエハ検査部101での座標情報などは計算処理装置17'から情報伝達手段110を通じて試料作製部102の計算処理装置17に伝達できる。このような構成により、ウエハ検査部101で検出したウエハ12の不良箇所は試料作製部102において、各種解析装置で解析し易い形状に加工作製する。

【0035】

<実施形態例3>

次に、本発明による試料解析方法の一実施形態を説明する。ここでは、試料の例としてTEM観察すべき試料片の作製方法を取り上げ、ウエハ観察から試料片加工、TEM観察までの試料解析方法の具体的説明を行なう。また、手順を明確にするために以下にいくつかの工程に分割して、図を用いて説明する。

(1) 外観検査工程:

まず、検査すべきウエハの全面もしくはその一部について異常の有無を検査する。検査内容は、光(レーザ)によるウエハ検査装置や電子ビームによる検査SEMなどの外観検査や、プローブ装置による電気回路検査などである。この検査によって異物や欠陥、配線異常など不良箇所の位置を知ることができる。この時、ウエハに予め設置した目印(ウエハマーク)を基準にして上記不良箇所の該当デバイス座標と、その該当デバイスに予め設置したマークを基準にした座標情報として計算処理装置に記憶する。

(2) 試料作製工程

(a) マーキング工程:

上記ウエハを試料作製部に導入して、まず、先の該当デバイスの目印(デバイスマーク)を探し出す。ここで、デバイスマークは試料作製部に設置したレーザ顕微鏡で探す。さらに詳しい探索によって上記不良箇所を探し出すが、このとき、FIB照射による二次電子像によって探索すると、試料表面はFIBによってスパッタされるため表面損傷を受け、最悪の場合、所望の解析すべき不良物が無くなってしまうことが生じる。従って、ウエハ検査時のウエハマークとデバイスマークと不良箇所の座標および、試料作製部内でのウエハマークとデバイスマークの座標をもとに、試料作製装置内での不良箇所の座標を計算により導出した後、不良箇所が確認できるように複数カ所にFIBによってマークをつける。

【0036】

本例では図9aのように、観察領域を挟んで10ミクロン間隔で+マーク80を2個施した。上記2個のマークを結ぶ直線は試料ステージの傾斜軸と平行になるように事前に、試料ステージを回転調整しておく。

【0037】

(b) 大矩形穴加工工程:

上記2個のマーク80を結ぶ直線上で、2個のマークの両側にFIB81によって2個の矩形穴82を設けた。開口寸法は例えば10×7ミクロン、深さ15ミクロン程度で、両矩形穴の間隔を30ミクロンとした。いずれも、短時間に完了させるために直径0.15ミクロン程度で電流約10nAの大電流FIBで加工した。

(13)

JP 3709886 B2 2005. 10. 26

加工時間はおおよそ5分であった。

【0038】

(c)垂直溝加工工程：

次に、図9bのように上記マーク80を結ぶ直線より約2ミクロン隔てて、かつ、一方の矩形穴82と交わるように、他方の矩形穴には交わらないように幅約2ミクロン、長さ約30ミクロン、深さ約10ミクロンの細長垂直溝83を形成する。ビームの走査方向は、FIBが試料を照射した時に発生するスパッタ粒子が形成した垂直溝や大矩形穴を埋めることがないようにする。一方の矩形穴82と交わらない小さな領域は、後に抽出すべき試料を支える支持部84になる。

【0039】

(d)傾斜溝加工工程：

上記(b)(c)工程の後、試料面を小さく傾斜（本実施例では20°）させる。ここで、上記2個のマーク80を結ぶ直線は試料ステージの傾斜軸に平行に設定している。そこで、図9cのように上記マーク80を結ぶ直線より約2ミクロン隔てて、かつ、上記細長垂直溝83とは反対側に、上記両矩形穴82を結ぶように、幅約2ミクロン、長さ約32ミクロン、深さ約15ミクロンの溝を形成する。FIB照射によるスパッタ粒子が形成した矩形穴82を埋めることがないようにする。試料基板面に対して斜めから入射したFIB81によって細長傾斜溝85が形成され、先に形成した細長垂直溝83と交わる。(b)から(d)の工程によって、支持部84を残してマーク80を含み、頂角が70°の直角三角形断面のクサビ型抽出試料が片持ち梁の状態で保持されている状態になる。

【0040】

(e)プローブ固定用デボ工程：

次に、図9dのように試料ステージを水平に戻し、抽出すべき試料86の支持部84とは反対の端部に移送手段先端のプローブ87を接触させる。接触は試料とプローブ87の押通や両者の容量変化によって感知することができる。また、不意なプローブ87の押付けによって、抽出すべき試料86やプローブ87の破損を避けるために、プローブが試料に接触した時点で+Z方向駆動を停止させる機能を有している。次に、抽出すべき試料86にプローブ88を固定するために、プローブ先端を含む約2ミクロン平方の領域に、デポジション用ガスを流出させつつFIBを走査させる。このようにしてFIB照射領域にデボ膜88が形成され、プローブ87と抽出すべき試料86とは接続される。

【0041】

(f)抽出試料抽出工程：

抽出試料を試料基板から抽出するために、支持部84にFIB照射してスパッタ加工することで、支持状態から開放される。支持部84は試料面上から見て2ミクロン平方、深さ約10ミクロンであるため2～3分のFIB走査で除去できる。(図9e, f)

(g)抽出試料搬送（試料ステージ移動）工程：

プローブ87の先端に接続されて抽出した抽出試料89は試料ホルダに移動させるが、実際には試料ステージを移動させ、FIB走査領域内に試料ホルダ90を移動させる。このとき、不意の事故を避けるために、プローブを+Z方向に退避させておくことよい。(図9g)

(h)抽出試料固定工程：

FIB走査領域内に試料ホルダ90が入ってくると試料ステージ移動を停止し、プローブを-Z方向に移動させ、試料ホルダ90に接近させる。抽出試料89が試料ホルダ90に接触した時、デボガスを導入しつつ抽出試料89と試料ホルダ90と接触部にFIBを照射する。この操作によって抽出試料は試料ホルダに接続できる。本実施例では抽出試料89の長手方向の端面にデボ膜92を形成した。FIB照射領域は3ミクロン平方程度で、デボ膜92の一部は試料ホルダ90に、一部は抽出試料側面に付着し、両者が接続される。(図9h)

(i)プローブ切断工程：

次に、デボ用のガスを導入を停止した後、プローブ87と抽出試料89を接続している

(14) JP 3709886 B2 2005.10.26

デガ膜にFIB81を照射してスパッタ除去することで、プローブ87を抽出試料89から分離でき、抽出試料89は試料ホルダ90に自立する。(図9i)

(j) 試料片加工工程（ウォール加工）：

(j) 試料片加工工程（ウォール加工）：
最後に、FIB照射して、最終的に観察領域を厚さが100nm以下程度のウォール93に
なるように薄く仕上げ加工を施してTEM試料とする。このとき、摘出試料の長手方向の側
面の一方が垂直面であるため、ウォール加工のためにFIB照射領域を決定する際、この垂
直面を基準にすることで試料基板89表面にほぼ垂直なウォール93を形成することがで
きる。また、FIB照射に先立ち、ウォール面をより平面的に加工するために、ウォール形
成領域を含む上面にFIBデポ膜を形成しておくとい。この方法は既によく知られている
。上述の加工の結果、幅幅約15ミクロン、深さ約10ミクロンのウォールが形成でき、
TEM観察領域ができあがる。以上、マーキングからウォール加工完成まで、約1時間30
分で、従来のTEM試料作製方法に比べて数分の1に時間短縮できた。（図j）

(9) 解析工程 (TEM觀察) :

(9) 解析工程 (TEM観察) :
ウォール加工後、試料ホルダを、TEMの試料室に導入する。このとき、電子線経路と、ウォール面が垂直に交わるようにTEMステージを回転させて挿入する。その後のTEM観察技術についてはよく知られているので、ここでは省略する。

【 0 0 4 2 】

【0042】
なお、上記試料解析方法のうち試料作製工程に類似した従来技術として公知例2がある。本試料作製工程が従来方法と全く異なることを示すために従来方法を図10で説明する。まず、試料50の表面に対しFIB24が直角に照射するように試料50の姿勢を保ち、試料上でFIB24を矩形に走査させ、試料表面に所要の深さの角穴51を形成する(図10(a))。次に、試料表面に対するFIBの軸が約70°傾斜するように試料を傾斜させ、底穴52を形成する。試料の傾斜角の変更は、試料ステージ(図示せず)によって行われる(図10(b))。試料の姿勢を変更し、試料の表面がFIBに対して再び垂直になるように試料を設置し、切り欠き溝53を形成する(図10(c))。マニピュレータ(図示せず)を駆動し、マニピュレータ先端のプロープ54の先端を、試料50を分離する部分に接触させる(図10(d))。ガスノズル55から堆積性ガス56を供給し、FIBをプロープの先端部を含む領域に局所的に照射し、イオンビームアシストデポジション膜(以下、デポ膜57と略す)を形成する。接触状態にある試料の分離部分とプロープ54の先端はデポ膜57で接続される(図10(e))。FIB24で残りの部分を切り欠き加工し(図10(f))、試料50から分離試料58を切り出す。切り出された分離試料58は、接続されたプロープ54で支持された状態になる(図10(g))。この分離試料58を、上記第2の従来手法と同様にFIBで加工し、観察しようとする領域をウォール加工するとTEM試料(図示せず)となる。

【 0 0 4 3 】

【 0 0 4 3 】
試料基板から微小試料を抽出するためには、微小試料を基板から分離することが必須で、抽出試料の底面となる面と基板との分離工程（以下、底抜いと呼ぶ）が伴う。公知例 2 に示された FIB による底抜い法では、基板表面に対し斜方向から FIB を入射させて加工するため、抽出した試料片の底面には、底抜い時のイオンビーム入射角と加工アスペクト比からなる傾斜が付く。また、図 1 0 b に示した斜めからの FIB 照射を実現するための角穴 5 1 が非常に大きくなければならない。これは角穴 5 1 の形成時に多大の時間を要することを示している。また、この公知例では斜め FIB 照射するために試料を約 7 0 ° も大きく傾斜させている。FIB の集束性から要求される対物レンズと試料との間隔を考慮すると、このような大傾斜は FIB 性能を悪化させてしまい、満足な加工が出来ないと予想される。通常用いられている FIB 装置性能を維持するには 6 0 ° 程度が限度である。また、直径 300 μ m ほど大口径ウエハ用試料ステージを 7 0 ° も大きく傾斜させることは、機械的に非常に困難である。たとえ 7 0 ° の大傾斜が可能としても抽出試料の底面は 7 0 ° の傾斜を持ち、水平面の試料ホルダに設置すると、本来の試料表面は試料ホルダ面に対して 2 0 ° も傾斜しており、表面に対してほぼ垂直な断面やウォールを形成することが困難となる。試料基板の表面に対しほぼ垂直な断面やウォールを形成するためには、底面の傾斜を小さくして底

(15)

JP 3709886 B2 2005.10.26

面を表面に平行に近くすることが必須で、そのためには試料傾斜をさらに大きくしなければならず、これは上述の装置上の制約からさらに困難になる。従って、本発明が目指すような抽出した試料を別の部材（試料ホルダ）に設置して、他の観察装置や分析装置に導入するためには、垂直断面が形成できる別の底面の方法を検討しなければならない。（但し、公知例 2 では分離した試料は試料ホルダの類に設置することなく、搬送手段のプロープに付けたまま観察する方法であるため、底面の形状は影響しない。）

このように、本発明による試料作製工程と公知例 2 による試料分離方法と大きく異なる点は、(1) 試料の抽出（分離）に際してのビーム照射方法が全く異なり、抽出試料をなるべく薄くするため、底面の分離を簡便に、また、試料ステージの傾斜をなるべく小さくするために長手方向（TEM 観察面に平行方向）の側面を傾斜加工したこと、(2) 抽出した試料は移送手段とは別の部材である試料ホルダに固定することにより、ウエハからも試料片が抽出できる試料作製装置と試料作製方法を提供している。

【0044】

<実施形態例 4>

上記実施形態例の試料解析工程は TEM 解析に限らず、他の観察手法、分析手法や観察手法に用いることも可能である。

【0045】

例えば、解析装置がインレンズ型の高分解能 SEM である場合にも適用できる。インレンズ型 SEM は観察試料を対物レンズ内に入れる方式で、分解能がアウトレンズに比べて非常に良いため表面観察の強力なツールであるが、試料をレンズ内に入れる都合上、微ミリ程度に小さくしなければならない。従って、ウエハ検査装置などで不良箇所を発見し、その部分をさらに詳しく観察しようとしてもウエハのままではインレンズ型の走査電子顕微鏡内に導入することはできず、ウエハを分断して細分化せざるを得なかった。本発明による試料解析方法によると、ウエハから所望の領域の試料片を抽出することができる。観察領域はウエハ表面ばかりでなく、抽出の際に形成できる断面も観察できるため、試料片抽出時の FIB 照射方向を適切に行なえば、不良箇所の断面も観察することができる。このような方法によって、座標の問題、試料作製の問題、ウエハ分割の問題を解決して試料解析を行なうことができる。また、その他、オージェ電子分光分析や二次イオン質量分析など元素分析を行なう試料解析についても同様に行なえる。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図 1】 本発明による試料解析装置の一実施形態を示す構成ブロック図。

【図 2】 従来の TEM 試料の作製手順を説明するための図。

【図 3】 従来の TEM 試料の別の作製手順を説明するための図。

【図 4】 本発明による試料解析装置のうち試料作製部の一実施形態を説明するための構成ブロック図。

【図 5】 本発明による試料解析装置の実施形態で特に試料ホルダを説明するための図。

【図 6】 従来の TEM ホルダを説明するための図。

【図 7】 本発明による試料解析装置の実施形態における試料作製部のうち、特に移送手段の一実施形態を説明するための図。

【図 8】 本発明による試料解析装置の別の実施形態を示す構成ブロック図。

【図 9】 本発明による試料解析方法における試料作製工程について説明するための図。

【図 10】 従来の TEM 用試料ホルダーについて説明するための図である。

【符号の説明】

【0047】

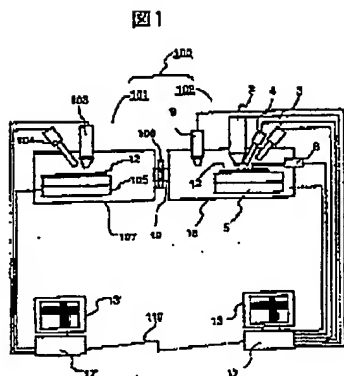
2...FIB 照射光学系、3...二次粒子検出器、4...デボガス源、5...試料ステージ、6...試料ホルダ、7...保持手段（ホルダカセット）、8...移送手段、9...光学顕微鏡、100...試料解析装置、101...ウエハ検査部、102...試料作製部、103...電子ビーム照射

(16)

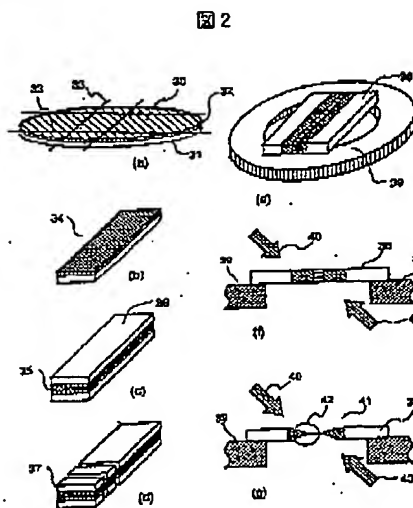
JP 3709886 B2 2005.10.26

系、104…二次電子検出器、105…試料ステージ、107…搬送用容器、110…情報伝達手段。

【図1】



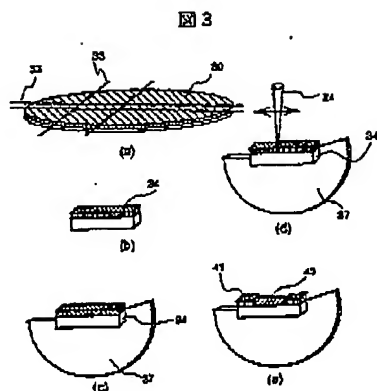
【図2】



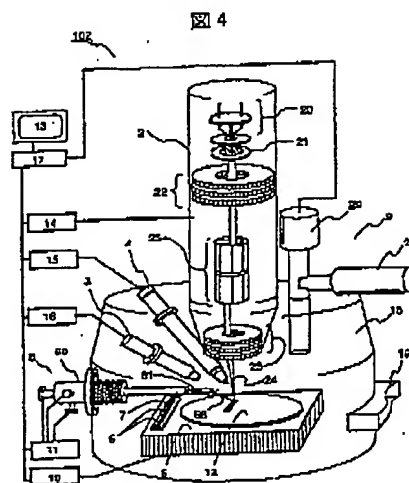
(17)

JP 3709886 B2 2005.10.26

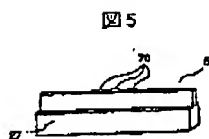
【 図 3 】



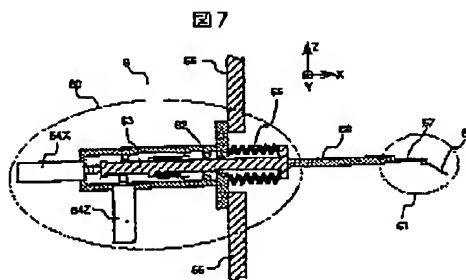
【 図 4 】



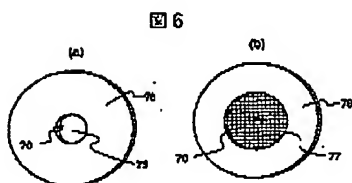
【 図 5 】



【 図 7 】



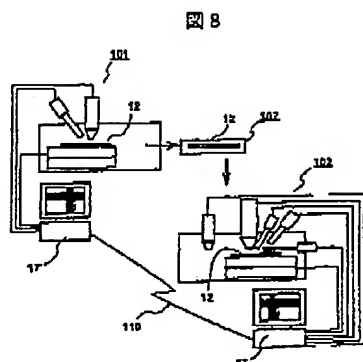
【 図 6 】



(18)

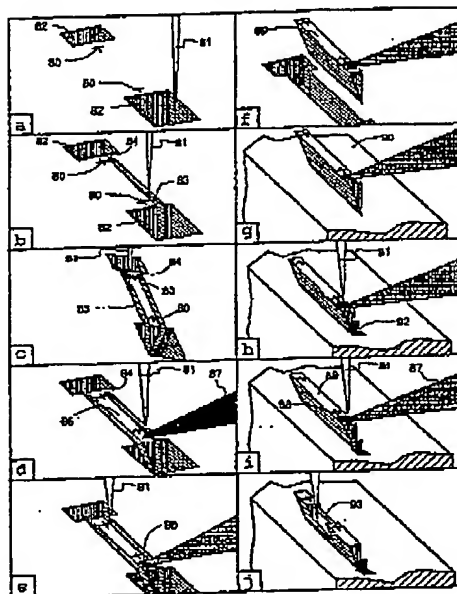
JP 3709886 B2 2005.10.26

【図 8】



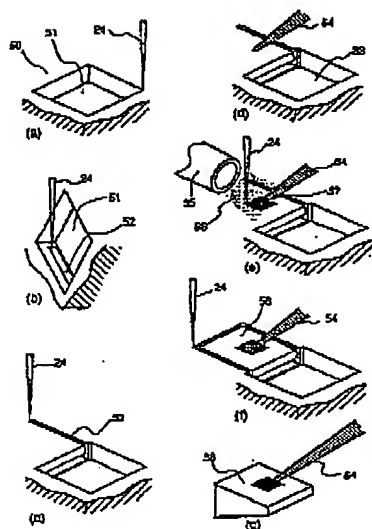
【図 9】

図 9



【図 10】

図 10



(19)

JP 3709886 B2 2005.10.26

フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

FI

H01J 37/28	H01J 37/317	D
H01J 37/317	G01N 1/28	F
// G01N 1/00	G01N 1/28	G
	G01N 1/00	101C

(56) 参考文献 特開平11-108810 (JP, A)
特開平05-052721 (JP, A)
特開平09-210883 (JP, A)
特開平07-333129 (JP, A)
特開平09-189649 (JP, A)
特開平02-294644 (JP, A)

(58) 調査した分野(Int. Cl.⁷, DB名)

H01L 21/66
G01N 1/28
G01N 21/956
G01N 23/225
H01J 37/26
H01J 37/28
H01J 37/317
G01N 1/00 101

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.